

# LIGHT-SCATTERING LIGHT GUIDE AND ITS MANUFACTURE, AND APPLIED OPTICS APPARATUS THEREOF

Patent number: WO9306509

Publication date: 1993-04-01

Inventor: KOIKE YASUHIRO (JP)

Applicant: KOIKE YASUHIRO (JP)

Classification:

- international: G02B5/02

- european: G02B6/00, G02B6/28B2, G02B5/02

Application number: WO1992JP01230 19920925

Priority number(s): JP19920007896 19920120; JP19910249739 19910927

Also published as:

EP0559914 (A1)  
US5542017 (A1)  
EP0559914 (A4)

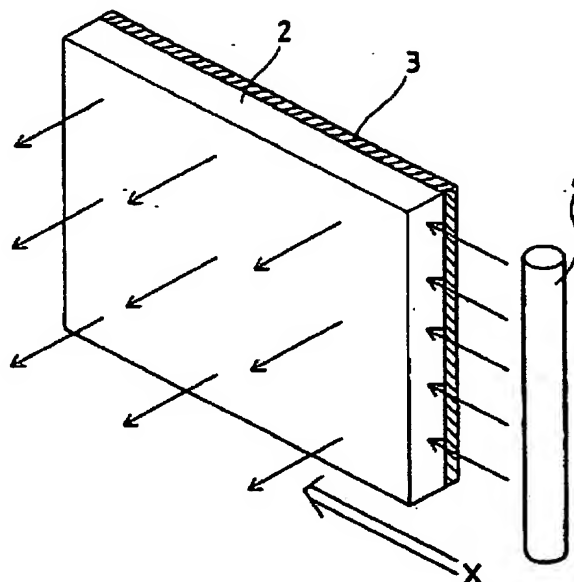
Cited documents:

JP54099446  
JP58017923B  
JP52055651  
JP51051944

Abstract not available for WO9306509

Abstract of correspondent: **EP0559914**

A light-scattering light guide and its manufacturing, wherein a beam having a relatively small sectional area can be transformed into a beam having a relatively large sectional area with a high efficiency and uniformity. Additionally, applied optics apparatuses such as a backlight source, an optical branching device, and an optical mixing device, which utilize the characteristic of the light-scattering light guide effectively. The light guide is obtained by utilizing various ununiform refractive-index structures produced in polymerizing organic materials. According to the application, the values such as of the scattering power (effective scattering projection parameter E) are selected. The mechanisms, by which the ununiform refractive index structures are formed by the process of polymerizing organic materials, is based on, e.g., the differences in compatibility, reactivity, and density, etc. among the organic materials.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3184219号  
(P3184219)

(45) 発行日 平成13年 7 月 9 日 (2001. 7. 9)

(24) 登録日 平成13年 4 月 27 日 (2001. 4. 27)

(51) Int.Cl.<sup>1</sup>

G 0 2 B 5/02

識別記号

F I

G 0 2 B 5/02

A

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平5-505966	(73) 特許権者	999999999 小池 康博 神奈川県横浜市緑区市ヶ尾町534-23
(86) (22) 出願日	平成4年9月25日 (1992. 9. 25)	(72) 発明者	小池 康博 神奈川県横浜市緑区市ヶ尾町534-23
(86) 国際出願番号	P C T / J P 9 2 / 0 1 2 3 0	(74) 代理人	999999999 弁理士 竹本 松司 (外 3 名)
(87) 国際公開番号	W O 9 3 / 0 6 5 0 9	審査官	横井 康真
(87) 国際公開日	平成5年4月1日 (1993. 4. 1)	(56) 参考文献	特開 昭64-40906 (J P, A) 実開 平2-5723 (J P, U)
審査請求日	平成11年9月13日 (1999. 9. 13)	(58) 調査した分野 (Int.Cl. <sup>1</sup> , D B 名)	G02B 5/02
(31) 優先権主張番号	特願平3-249739		
(32) 優先日	平成3年9月27日 (1991. 9. 27)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平4-7896		
(32) 優先日	平成4年1月20日 (1992. 1. 20)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

## (54) 【発明の名称】 光散乱導光体とその製造方法及び応用光学装置

## (57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相対的に小断面積の入射光束を側端面から導入し、前記導入された光を前記側端面より大きな面積を持つ面を通して出射させながら側端面から離れるように伝達させることによって前記相対的に小断面積の入射光束を相対的に大断面積の出射光束に変換する板状の光散乱導光体であって、

少なくとも 1 種類の有機材料の重合過程で生じた屈折率不均一構造を内部に有し、

前記屈折率不均一構造によって生じる散乱能を記述する有効散乱照射パラメータ  $E$  の値が、 $0.001 [\text{cm}^{-1}] \leq E \leq 100 [\text{cm}^{-1}]$  の範囲にある、前記光散乱導光体。

【請求項 2】 前記屈折率の不均一構造の相関関数  $\gamma(r)$  を、近似式  $\gamma(r) = \exp[-a/r]$  で表した時の相関距離  $a$  の範囲が、 $0.005 \mu\text{m} \leq a \leq 50 \mu\text{m}$  の範囲に

ある請求項 1 に記載された光散乱導光体。

【請求項 3】 有効散乱照射パラメータ  $E$  に勾配をもたせることにより、出射光強度が均一化された請求項 1 または請求項 2 に記載された光散乱導光体。

【請求項 4】 光散乱導光体と、該光散乱導光体へ側方より光を入射させる光源手段とを備えたバックライト光源装置であって、

前記光散乱導光体は、相対的に小断面積の入射光束を側端面から導入し、前記導入された光を前記側端面より大きな面積を持つ面を通して出射させながら側端面から離れるように伝達させることによって前記相対的に小断面積の入射光束を相対的に大断面積の出射光束に変換する板状の形状を有し、

前記屈折率不均一構造によって生じる散乱能を記述する有効散乱照射パラメータ  $E$  の値が、 $0.001 [\text{cm}^{-1}] \leq E$

$\leq 100 [\text{cm}^{-1}]$  の範囲にある、前記光源装置。

【請求項5】前記屈折率の不均一構造の相関関数  $\gamma(r)$  を、近似式  $\gamma(r) = \exp[-a/r]$  で表した時の相関距離  $a$  の範囲が、 $0.005 \mu\text{m} \leq a \leq 50 \mu\text{m}$  の範囲にある請求項4に記載された面光源装置。

【請求項6】少なくとも1種類の有機材料の重合過程で生じた屈折率不均一構造を有する光散乱導光体と、前記光散乱導光体に対して前記光散乱導光体の一方の側から光を入射させるように配置された光入射手段と、前記光散乱導光体の他方の側から光を取り出して導光するように前記光散乱導光体の他方の側に配置された光取出導光手段とを備え、前記光入射手段及び前記光取出導光手段の少なくとも一方は複数個配置されている、光分岐・混合装置。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、光を導光しつつ散乱光を周囲に向けて照射し得る光散乱導光体、ならびに該光散乱導光体を用いた応用光学装置に関する。

更に詳しく言えば、本発明は、有機材料の重合過程で生じる不均一構造を利用して、相対的に小断面積の入射光束を高い効率と均一度を以て相対的に大断面積の出射光束に変換することの出来る光散乱導光体、ならびに該光散乱導光体の特性を有効に利用した光源装置、照明装置、光分岐装置等の応用光学装置に関するものである。

背景技術

従来より、入射光を導光しつつ散乱させて多方向に向け出射させる為の光学要素あるいは装置として種々のものが公知となっている。

これら公知の光学要素あるいは装置の1つの類型は、延在した板状の透明材料の側方より光を入射させ、一方の面側に反射要素を配し、他方の表面付近に光拡散性を与えて光出射面とする面状光源を構成し、液晶表示装置のバックライト光源等として使用するものである。

例えば、特開昭62-235905号公報、特開昭63-63083号公報、特開平2-13925号公報及び特開平2-245787号公報に記載されたものがこれに当る。

これら光散乱導光装置を用いた面状光源においては、光散乱が透明体の内部で体積的に生じられておらず、透明体の表面付近あるいは反射要素における乱反射や鏡面反射を利用して光出射方向に拡がりを持たせているのみなので、光散乱導光装置が高い光拡散性を発揮しているとは言い難い。

また、側方から光を入射させて均一な照度を有する面状光源を得ようとした場合、上記各公知文献に示された例からも容易に理解されるように、反射要素の反射能等になんらかの勾配を持たせなければならず、光散乱導光体装置部分の構造を複雑で大型（特に、厚みについて）なものとすることが避けられない。

従って、この型の光散乱導光体を均一で高い照度と薄

型の構造が要求される液晶表示装置のバックライト光源等の用途に用いる場合には、光散乱性を補強し面状光源として照度の均一性を確保する為に種々の付加的構成が必要であるが、それらの光散乱能補強手段を加えると薄型構造の要求には応えられなくなるという問題があった。

公知の光学要素あるいは装置のもう1つの類型は、延在した板状の透明材料の内部に該透明材料と屈折率の異なる粒状物質を分散させて光拡散板を構成するものである。

例えば、特開平1-172801号公報、特開平1-236257号公報、特開平1-269901号公報、特開平1-269902号公報及び特開平2-221925号公報に開示されたものがこの類型に属する。

上記特開平2-221925号公報には、光拡散板の側方より光を入射させ、一方の面側に反射要素を配し他方の面を光出射面として、液晶表示装置のバックライト光源等を構成することが開示されている。

これらの光拡散板においては、透明体の内部に分散混入された粒状物質によって生じる屈折率の不均一によって光散乱が体積的に生起されている。その意味において、上記第1の類型のものに比して、光拡散効率を改善し得るものということは出来るが、次のような問題点がある。

すなわち、基体材料中に別の物質からなる粒状物質を均一に分散させることは、実際状態極めて難しく、その結果、不均一構造の分布にむらができ、均一な光拡散が得られないという欠点がある。

例えば、数ミクロンの粒子をメチルメタクリレート（MMA）モノマーに混入させて混合させる場合には、密度や相溶性の違いにより、粒子の分布に偏りを生じて均一な光散乱能を得ることが出来ない。ポリメチルメタクリレート（PMMA）などのポリマーに粒子を高温で練り込む場合にも同様の理由で高度に均一な粒子分散構造を得ることは困難である。

また、光散乱を与える屈折率不均一構造の基本単位が粒状に限られるので、光散乱導光体の体積全体を均一かつ有効に使う光散乱を生じさせるという観点から見ると好ましいとは言えない。特に、液晶表示装置のバックライト光源のように、比較的広面積の均一照度面光源を得ようとした場合には、粒子分散密度が小さくなるから、光散乱導光体全体を均一に光散乱に寄与させていることにならない。このことは高度に均一な拡散光を得る上で望ましいことではない。

光散乱導光体全体の光散乱能を変えずに屈折率不均一構造を光散乱導光体全体に分布させるには、分散させる粒子の径を小さくして、粒子数密度を上げれば良いとも考えられるが、特定された材料で粒子径を任意の微小サイズに定めることは、微小粒子の製造技術上の制約もあって必ずしも容易でない。また、過度に粒子径を小さく

すると散乱に波長依存性が生じ、無用な着色現象を招く恐れがある。

上記特開平2-221925号公報には、PMMAをMMAとMA（アクリル酸メチル）の混合単量体に溶解してメタクリル樹脂シラップを調製し、このシラップに比重が2以上でメタクリル樹脂と屈折率の異なる無機充填材（フィラー；例えば、ガラスビーズ、石英粉等）を分散混合し、重合開始剤を加えて重合反応（共重合反応）を起こさせて光散乱導光体を得ているが、この場合でも光散乱は実質的に無機充填剤のみによってもたらされており、重合反応過程において屈折率不均一構造を生成させることは全く企図されていない。特開平2-221925号公報に記載されているような共重合の組合せ（例えば、メタクリル酸メチル50重量%とメタクリル酸エチル50重量%、あるいはメタクリル酸メチル50重量%とアクリル酸メチル50重量%）では、相溶性が極めて良い為に屈折率不均一構造は生ぜず、従って、重合反応によって形成された樹脂はあくまで透明な基材として機能するのみで、光散乱には寄与していない。

従来より、光散乱導光体の形状としては、板状のもの他に種々のものが知られている。例えば、海洋牧場やクロレラ培養の為に照射装置においては、棒状あるいは線状の導光体の表面に傷を付け、該傷部分で生じる光散乱を利用して、広い角度範囲を指向する出射光を得ている。しかしながら、このような方法では、散乱光が傷の付いた部分に集中してしまい、十分な均一度を以て大きな断面積を持った光束を得ることが難しい。

また、太陽光を建造物内に取り入れて室内照明などに利用する場合にもファイバー状の導光手段を用いているが、大きな透明空間を効率良く均一に照明する出射光束を得る為には高価で大型の付加的設備を要しているのが現状である。

このように、公知の光散乱導光体においては上記したような種々の問題があり、これら問題点を克服した光散乱導光体が、液晶表示装置のバックライト光源等の明るく均一性が高い面状光源を必要とする分野を始めとして、幅広い光学関係分野で待ち望まれていた。

#### 発明の開示

本発明の目的は、相対的に小断面積の光束を高い効率と均一度を以て相対的に大断面積の光束に変換することの出来る光散乱導光体、ならびに該光散乱導光体の特性を有効に利用したバックライト光源装置、光分岐装置等の応用光学装置を提供することにある。

本発明は、有機材料の重合過程で生じた屈折率不均一構造を有する光散乱導光体、並びに有機材料の重合過程で生じた屈折率不均一構造を有する該光散乱導光体を利用した応用光学装置を提供するものである。

本発明は、上記屈折率不均一構造によってもたらされる散乱能を記述するパラメータについて技術的に大きな意義のある数値限定を提案する。

まず、有機材料の重合過程によって屈折率不均一構造を形成させて本発明の光散乱導光体を得る原理の概要を説明する。

本発明は重合過程において種々のメカニズムによって生成される不均一構造を積極的に利用して光散乱導光体を構成するものである。この不均一構造を生むメカニズムのいくつかを例示すれば次のようになる。

(1) 第1材料としてのモノマーの第2材料としてのポリマー（オリゴマーであっても良い。以下、本明細書においては特にことわりの無い限り、ポリマーと言えばオリゴマーを含むものとする。）を少量溶解させる。この状態では、ポリマーの個々の分子が完全に溶解している。従って、均一に混ざり合った透明な混合溶液の形態をとっており、光散乱性は生じていない。この混合溶液に重合開始剤等を添加して加熱するなどの手段により重合反応を開始させる。重合反応が進行し、高転化率になってきた時、それまでに生成されてきた第1材料のポリマーと第2材料のポリマーとの相溶性が、該第2材料のポリマーと第1材料のモノマーとの相溶性に比べて小さい場合には、第2材料のポリマーは徐々に凝集構造を形成する。第1材料のポリマーと第2材料のポリマーの屈折率が実質的に相異なるように有機材料を組み合わせれば、屈折率がゆらいだ構造、すなわち屈折率不均一構造が生成される。

この場合、粒子状の物質をモノマーに混入分散させて重合を行わせたり、ポリマーに粒子を高温条件下で練り込ませたりする従来技術とは違って、重合前にポリマー分子1つ1つのレベルで均一に溶解した状態が実現しており、その状態からスタートして不均一構造を徐々に形成しているので、極めて高い均一度で不均一構造が分布した光散乱導光体を得ることが出来る。

後記する実施例のうち実施例1、3、5、6、7、8及び9における光散乱導光体は、この類型に属するものである。

(2) 第1材料としてのモノマーに第2材料としてのモノマーを適量混合して重合反応を起こさせる。この時例えば、第1材料のモノマーの反応性比 $r_1$ と第2材料のモノマーの反応性比 $r_2$ について、 $r_1 > 1$ 且つ $r_2 < 1$ が成立するように材料を選択しておけば、重合反応の過程で第1材料のモノマーは優先的に重合し、未反応モノマー中の第2材料のモノマーの割合は次第に増大する。第1材料のモノマーの大半が重合すると、今度は第2材料のモノマーの重合する割合が増加し始め、最終段階においては、第2材料のポリマーとのみが生成されることになる。

第1材料のポリマーと第2材料のポリマーの相溶性が比較的小さければ、組成の似たもの同士、すなわち、第1材料のポリマーと第2材料のポリマーとがそれぞれ凝集構造を形成することになる。両ポリマーの屈折率が実質的に異なれば、屈折率がゆらいだ屈折率不均一構造が

生成される。この場合も重合前にモノマー同士を均一に混ぜることは容易なので、まんべんなく屈折率不均一構造が形成される。

後記する実施例のうち実施例2における光散乱導光体は、この類型に属するものである。

(3) 単独材料のモノマーのみを重合させても、屈折率不均一構造を形成することが出来る。

すなわち、モノマーとポリマーの比重が十分に異なれば、重合が進んでポリマーがある程度固くなってくると、残存モノマーがポリマーになった時に体積収縮部分は、いわゆるマイクロポイドとなる。このマイクロポイドは極めて多数形成され、重合反応の結果得られるポリマー内に3次元的に均一分布した光散乱中心として機能するので、従来の物質粒子を分散混入させた光散乱導光体に比して特性の良い光散乱導光体得られる。

後記する実施例のうち実施例10における光散乱導光体は、この類型に属するものである。

(4) 上記(1)の類型の変形として、上記第2の材料に低分子量であって、第1材料のモノマーとの相溶性は良好であるが第1材料ポリマーとの相溶性は劣るものを選択することも可能である。この場合にも、上記(1)で述べたのと同様のメカニズムによって、第2材料(低分子量物質)が凝集して不均一構造が生まれる。第2材料の屈折率が第1材料ポリマーと実質的に異なるような組合せを採用すれば光散乱導光体を製造される。

このような低分子材料として用い得る物質は数多く存在するが、例を挙げれば、フタル酸ジフェニル、ヘキサフロロイソプロピルテレフタレート、ピフェニル、安息香酸フェニル等がある。

本発明は上記(1)～(4)に説明したメカニズム、

あるいはこれらに類似したメカニズム乃至原理に基礎を置くものである。屈折率不均一構造の生成メカニズムの細部には多様性があるが、いずれのケースにおいても有機材料の重合過程を通して屈折率不均一構造を意図的に形成し、それを光散乱導光体として具現化することに本発明の基本的特徴がある。従って、上記説明したメカニズムはあくまで典型例を示した例示であって、本発明の技術的範囲を限定する趣旨のものではない。

本発明においては、極めて多様な有機材料を色々な組合せで用いて、上記説明したようなメカニズムを通して屈折率不均一構造を形成させることが出来る。

これら有機材料の具体例を表1及び表2に記す。各表において、各材料名はモノマーの形で示してあるが、最終的に屈折率不均一構造を構成するのはポリマーであるから、ポリマー形態における屈折率の値を付記した。

例えば、MA、A等は比較的低屈折率のものを示し、XMA、XA等は比較的高屈折率のものを示しているから、各グループから材料を選択して、相溶性あるいは反応性の相異等に基づいた屈折率不均一構造を得ることが出来る。2種のポリマー間の屈折率差 $|n_1 - n_2|$ は、 $|n_1 - n_2| > 0.001$ であることが一般的には好ましい。

ここで用いる有機材料は2種類とは限らず、3種類以上の有機材料(モノマー、ポリマーあるいはオリゴマー)を適宜組み合わせ、複合的に重合反応を進行させて屈折率不均一構造を得ても全く差し支えない。言い替えば、3種以上の有機材料の組合せは、2種類の組合せを複数組合むというのが本発明の立場であり、従って、屈折率不均一構造形成に使用される有機材料が何種類であっても本発明の範疇からの逸脱を意味するものではないことは言うまでもない。

Table 1

区分	モノマー	ポリマー n
MA	1. MMA (メチルメタクリレート)	1. 49
	2. EMA (エチルメタクリレート)	1. 483
	3. nPMA (n-プロピルメタクリレート)	1. 484
	4. nBMA (n-ブチルメタクリレート)	1. 483
	5. nHMA (n-ヘキシルメタクリレート)	1. 481
	6. iPMA (イソプロピルメタクリレート)	1. 473
	7. iBMA (イソブチルメタクリレート)	1. 477
	8. tBMA (t-ブチルメタクリレート)	1. 463
	9. CHMA (シクロヘキシルメタクリレート)	1. 507
XMA	10. BzMA (ベンジルメタクリレート)	1. 568
	11. PhMA (フェニルメタクリレート)	1. 57
	12. 1-PhEMA (1-フェニルエチル メタクリレート)	1. 549
	13. 2-PhEMA (2-フェニルエチル メタクリレート)	1. 559
	14. FFMA (フルフリルメタクリレート)	1. 538
A	15. MA (メチルアクリレート)	1. 4725
	16. EA (エチルアクリレート)	1. 4685
	17. nBA (n-ブチルアクリレート)	1. 4634
XA	18. BzA (ベンジルアクリレート)	1. 5584
	19. 2-CIEA (2-クロルエチル アクリレート)	1. 52

Table 2

区分	モノマー	ポリマー n
AC	20. VAc (ビニルアセテート)	1. 47
XA	21. VB (ビニルベンゾエート) 22. VPAc (ビニルフェニルアセテート) 23. VCIAc (ビニルクロルアセテート)	1. 578 1. 567 1. 512
C	24. AN (アクリロニトリル) 25. $\alpha$ -MAN ( $\alpha$ -メチルアクリロニトリル)	1. 52 1. 52
$\alpha$ -A	26. MA (2CI) (メチル- $\alpha$ -クロル アクリレート)	1. 5172
St	27. o-CIS t (o-クロルスチレン) 28. p-FSt (p-フルオロスチレン) 29. o, p-FSt (o, p-ジフルオロスチレン) 30. p-iFSt (p-イソプロピルスチレン)	1. 6098 1. 566 1. 475 1. 554

Table 3

EPM・・・エチレンとプロピレンの共重合物
EPDM・・・エチレン、プロピレンと少量の非共役ジエンとの3成分共重合体
SBR・・・ブタジエンとスチレンの共重合物
NBR・・・ブタジエンとアクリロニトリルの共重合物
IIR・・・少量のイソブレンとイソブテンの共重合物
CR・・・クロロブレンの重合物
BR・・・ブタジエンの重合物
IR・・・イソブレンの重合物
ハイバロン・・・ポリエチレンに二酸化硫黄と塩素を反応させたもの
ウレタンゴム・ジオールとイソシアナートとの重付加による重合物
多硫化ゴム・・・ジクロルエタンと四硫化ナトリウム等との重縮合による重合物
シリコンゴム・・・環状シロキサンの開管重合などで得られる重合物
フッ素ゴム・・・フッ化ビニリデンとトリフルオロクロルエチレンの共重合物等

本発明において屈折率不均一構造を生成する重合反応として、表1及び表2に挙げたような材料を関与させる場合の他に、いわゆるゴム系の高分子材料を形成する重合反応を利用することも可能である。その例を、重合物あるいは共重合物の形で表3に示した。これらゴム系の材料を重合反応に関与させた場合には、特に柔軟性乃至弾力性のある光散乱導光体を得ることが出来る。

また、従来の粒子を添加する方法で得られる屈折率不均一構造と違って、本発明で実現される屈折率不均一構造の形態は、例えば単位形状や寸法が共にランダムな島状あるいは縞状に高低屈折率の相が入り組んだ形態、そ

れら2相の界面領域の屈折率プロファイルにある程度の連続性が生じる形態等を取り得るものである。

それ故、材料の選択乃至重合反応における屈折率不均一構造生成態様の自由度に基づいて、種々の特性を持った光散乱導光体を得ることが可能となる。すなわち、次に述べる有効散乱照射パラメータ $E$ 、相関距離 $a$ 及び誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ を適宜選択制御することによって、散乱能の強さ、散乱角度特性等を所望のものとする自由度が大きくなる。

以下、散乱特性を定量的に記述し、光散乱導光体の散乱特性を選択制御する際に有用な量あるいは関数である



有効散乱照射パラメータE、相関関数 $\gamma(r)$ 、相関距離aおよび誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ についてDebyeの理論を引用して簡単に説明する。

強度I0の光が媒体中をy(cm)透過し、その間の散乱により強度がIに減衰した場合に、有効散乱照射パラメータEを次式(1)または(2)で定義する。

$$E [\text{cm}^{-1}] = - [\ln (I/I_0)] / y \quad \dots (1)$$

$$E [\text{cm}^{-1}] = - (I/I_0) \cdot dI/dy \quad \dots (2)$$

式(1)、(2)は各々いわゆる積分形及び微分形の表現であって、物理的な意味は等価である。なお、このEは濁度( $\tau$ )と呼ばれることもある。

一方、媒体内に分布した不均一構造によって光散乱が起こる場合の散乱光強度は、縦偏光の入射光に対して出射光の大半が縦偏光である通常の場合( $V_V$ 散乱)には、次式(3)で表される。

$$V_V = [(4 \langle \eta^2 \rangle \pi^3) / \lambda_0^4] \int C \gamma(r) dr \quad \dots (3)$$

$$\text{但し、} C = [r^2 \sin(\nu sr)] / \nu sr \quad \dots (4)$$

自然光を入射させた場合には、 $H_H$ 散乱を考慮して、式(3)の右辺に $(1 + \cos \theta^2)$ を乗じた、

$$I_{VH} = V_V (1 + \cos \theta^2) \quad \dots (5)$$

を考えれば良いことが知られている。

ここで、 $\lambda_0$ は入射光の波長、 $\nu = (2\pi n) / \lambda_0$ 、 $s = 2 \sin(\theta/2)$ 、 $n$ は媒体の屈折率、 $\theta$ は散乱角、 $\langle \eta^2 \rangle$ は媒体中の誘電率ゆらぎ2乗平均であり、 $\gamma(r)$ 相関関数と呼ばれるものである。

Debyeによると、媒体の屈折率不均一構造が界面を持つてA相とB相に分かれて分散している場合には、誘電率のゆらぎに関して相関関数 $\gamma(r)$ 、相関距離a、誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ 等が次のような関係式で表される。

$$\gamma(r) = \exp(a/r) \quad \dots (6)$$

$$a [\text{cm}] = (4V/S) \cdot \phi_A \phi_B \quad \dots (7)$$

$$\langle \eta^2 \rangle = \phi_A \phi_B (n_A^2 - n_B^2)^2 \quad \dots (8)$$

但し、V:全体積、S:界面の全面積、 $\phi_A$ 、 $\phi_B$ :A、B各相の体積分率、 $n_A$ 、 $n_B$ :A、B各相の屈折率である。

不均一構造が半径Rの球状界面で構成されていると見なせば、相関距離aは次式で表される。

$$a [\text{cm}] = (4/3) R (1 - \phi_A) \quad \dots (9)$$

相関関数 $\gamma(r)$ についての式(6)を用い、式(5)に基づいて自然光を媒体に入射させた時の有効散乱照射パラメータEを計算すると結果は次のようになる。

$$E = (32a^3 \langle \eta^2 \rangle \pi^4) / \lambda_0^4 \cdot f(b) \quad \dots (10)$$

$$\text{但し、} f(b) = \left[ \frac{(b+2)^2}{b^2(b+1)} - \frac{2(b+2)}{b^3} \cdot \ln(b+1) \right] \quad \dots (11)$$

$$b = 4 \nu^2 a^2 \quad \dots (12)$$

以上述べた関係から、相関距離a及び誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ を変化させることにより、散乱光強度、散乱光強度の角度依存性及び有効散乱照射パラメータEを制御することが可能であることが判る。

散乱光強度の角度依存性は、本発明の光散乱導光体を実際の照明装置等に適用する場合に考慮され得る事項であることは言うまでもない。

図15は、横軸に相関距離a、縦軸に誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ をとって有効散乱照射パラメータEの曲線を $E=50 [\text{cm}^{-1}]$ 及び $E=100 [\text{cm}^{-1}]$ の場合について例示したものである。

一般に、Eが大きければ散乱能が大きく、Eが小さければ散乱能が小さい、換言すれば透明に近くなる。E=0は全く散乱の無いことに対応する。

従って、大面積の面状光源や長尺のファイバー状乃至棒状の均一照明光源等に本発明の光散乱導光体を適用する場合にはEを小さく選べば良い。

一応の目安としては、例えば $E=0.001 [\text{cm}^{-1}]$ 程度とすれば、数十mの寸法のファイバー状の光散乱導光体を均一に光らせることが出来る。図1に示した $E=100 [\text{cm}^{-1}]$ の程度にとれば、数mmの範囲を集中的且つ均一に照明するのに適している。

また、図1の $E=50 [\text{cm}^{-1}]$ のケースでは、それらの中間的なサイズ(例えば、数cm~数十cm)の光散乱導光体を均一に光らせるのに好適である。

但し、これら有効散乱照射パラメータEの値は具体的な適用装置の使用条件、例えば1次光源の強さ、周辺に配置された光学要素に依存する散乱光補強あるいは減衰ファクター等も考慮して定められることが好ましい。

相関距離aについては、一応 $0.005 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 程度が実際のと考えられるが、個々のケースについては、要求される角度特性等を考慮して定められることが好ましい。

#### 図面の簡単な説明

図1は、棒状の光散乱導光体の斜視図、

図2は、図1に示した棒状の光散乱導光体の散乱光強度の長さ方向分布の一例を示す図、

図3は、棒状の光散乱導光体の斜視図、

図4は、散乱光強度の測定装置の一例を示す概略図、

図5(a)、(b)は、 $V_V$ 散乱及び $H_V$ 散乱の散乱光強度の角度依存性の一例を表す図、

図6は、 $V_V$ 散乱の散乱光強度の角度依存性を表す別の例を示す図、

図7は、ディスク状の光散乱導光体を示す図、

図8は、図7に示したディスク状の光散乱導光体の光り散乱特性を調べる為の光分岐・混合装置型の配置を示す図、

図9は、くさび型光散乱導光体の張り合わせ状態とその試験方法を示した図、

図10、図11、図12及び図13は、本発明の板状光散乱導光体を用いて面状光源を構成した場合の面発光の様子と光強度の分布を示した図、

図14は（a）、（b）はくさび型の光散乱導光体の製造方法を例示した図、

図15は、横軸に相関距離  $a$ 、縦軸に誘電率ゆらぎ2乗平均  $\langle \eta^2 \rangle$  をとって有効散乱照射パラメータ  $E$  の曲線を  $E=50$  [ $\text{cm}^{-1}$ ] 及び  $E=100$  [ $\text{cm}^{-1}$ ] の場合について描いた図である。

発明を実施する為の最良の形態

#### 〔実施例1〕

MMAにトリフルオロエチルメタクリレート（3FMA）のポリマーを0.1wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として  $t$ -ブチルパーオキシソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、 $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで96時間重合した後、熱処理を行い、棒状、板状等各種形状の光散乱導光体を得た。板状体の厚さや3FMAポリマーの組成を場所的に徐々に変化させることにより、有効散乱照射パラメータ  $E$  を平面内で徐々に変化させることが出来た。

棒状の光散乱導光体1（図1参照）に、軸方向より光を入射させたところ、散乱角90°における  $V_V$  散乱強度は  $2 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-3}$  [ $\text{cm}^{-1}$ ]、 $H_V$  散乱強度は、 $5 \times 10^{-5} \sim 1.1 \times 10^{-2}$  [ $\text{cm}^{-1}$ ] であった。

長さ方向についての散乱強度の変化は、図2に示された形をしており、比較的フラットな特性を示した。

また、図3に示したように、板状体の光散乱導光体2の場合には、背後にミラー3を置き、縦方向について均一な光を光源4から入射させて、散乱光強度を測定した。

散乱光強度の測定は、シリコンフォトセルで光散乱導光体2の前面側をスキャンすることによって行った。

$x$  方向に3FMA濃度を変化させて有効散乱照射パラメータ  $E$  に勾配をつけることによって、前面側全域について均一な散乱光強度分布を実現させることに成功した。

また、 $x$  方向に厚さを変化させることによって同様の散乱光強度均一分布を得ることが出来た。

図3に示した例では、光散乱導光体の背後にミラーを配置したが、適当なサイズ（例えば、数cm～数10cm）の板状の光散乱導光体に光を両側側面から入射させる配置とすれば、ミラーあるいは粒子状の反射要素を分布させた反射体等の反射補強手段を用いなくとも、均一性のある照度分布を有する面状光源が得られることが判った。この種の配置を液晶表示装置のバックライト光源等に適用すれば、装置を小型化する上で極めて有利である。また、背後を光学的に開放すれば、両面発光光源としても有用である。

#### 〔実施例2〕

MMAとビニルベンゾエート（VB）を4対1の割合で重合させた。重合開始剤としてディ・ターシャリー・ブ

チルパーオキシド（DBPO）を0.2wt%、連鎖移動剤として  $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%用い、130°Cで96時間重合させた。

得られた光散乱導光体について、実施例1と同じ条件で散乱光測定を行ったところ、実施例1で得られた光散乱導光体とほぼ同じ特性を有していることが判った。

#### 〔実施例3〕

MMAに3FMAのポリマーを0.15wt%溶解したものと、0.1wt%溶解したものを調製し、各々にラジカル重合開始剤として  $t$ -ブチルパーオキシソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、 $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで72時間重合した後、130°Cで24時間熱処理を行い、棒状（直径20mm）の光散乱導光体を製造した。この光散乱導光体を図4に示した測定装置のゴニオメータの中心に試料としてセットし、側面から縦方向に偏光したHe-Neレーザ光（ $V$ 偏光）を入射させ、入射方向に対して角度  $\theta$  を有する方向への散乱光強度を測定した。この散乱光の縦偏波成分  $V_V$  及び横偏波成分  $H_V$  について、測定した結果を示したのが図5（a）、（b）である。図中、A、Bは各々ポリマー3FMAの濃度が0.15wt%のものと、0.1wt%のものを表している。

縦偏波成分  $V_V$  は等方性散乱に対応し、横偏波成分  $H_V$  は異方性散乱に対応している。

この光散乱導光体においては縦偏波成分  $V_V$  と、横偏波成分  $H_V$  に大きな差が認められない。これは、入射光の偏光方向に関わらず、散乱光が偏光性を殆ど持たないことを意味している。従って、このような光散乱導光体は偏光性を消去する光学素子（一種のスクランブラー）として使用することが出来る。

また、縦偏波成分（ $V_V$  散乱光強度）の角度依存性に基づいて、前述のDebyeの関係式を使って相関距離を計算したところ、ほぼ1000オングストロームの大きさの屈折率不均一構造によって、 $V_V$  散乱光強度に角度依存性が生じていることが判った。

#### 〔実施例4〕

MMAとビニルベンゾエート（VB）を4対1の割合で重合させた。重合開始剤としてディ・ターシャリー・ブチルパーオキシド（DBPO）を0.2wt%、連鎖移動剤として  $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%用い、70°Cで96時間重合させた。

得られた光散乱導光体について、Debyeの関係式を使って相関距離  $a$  と誘電率ゆらぎ2乗平均  $\langle \eta^2 \rangle$  を計算した結果、相関距離  $a=720$  オングストローム、誘電率ゆらぎ2乗平均  $\langle \eta^2 \rangle=1.22 \times 10^{-6}$  という値を得た。

#### 〔実施例5〕

MMAに分子量47500のポリスチレンポリマーを0.2wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として  $t$ -ブチルパーオキシソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、 $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで96時間重合させて棒状の光散乱導光体（直径5mm）を製造

した。

この光散乱導光体の等方性光散乱 ( $V_V$ ) の角度依存性を図6に示す。

また、この光散乱導光体を図7に示されたようなディスク状に加工し、上下を反射板で挟んで図8に示したように入射側と出射側に各々光ファイバーを接続した。入射側の光ファイバーは1本とし、出射側の光ファイバーは5本として、光分岐装置（あるいは、光混合装置）を構成した。入射側から光信号を入力したところ、出射側の5本の光ファイバーについて、ほぼ等しい強度の光信号出力が得られた。

#### 〔実施例6〕

MMAに3FMAのポリマーを0.1wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として *t*-ブチルパーオキシイソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、*n*-ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで72時間重合した後、130°Cで24時間熱処理を行い、棒状の光散乱導光体（直径10mm）を製造した。

この光散乱導光体を約200°Cに加熱して柔軟にした状態で延伸することにより、外径1mmのファイバー状乃至糸状の光散乱導光体を製造した。この光散乱導光体にHe-Neレーザ光を入射したところ、約1mにわたって光を伝達しながら均一な散乱光を放射することが確かめられた。

この延伸されたファイバー状光散乱導光体の屈折率は1.491であったが、これとは異なる屈折率1.502を有するMMAとベンジルメタクリレートとの共重合体を用いて周囲に被覆を施して光散乱導光体からなる光ファイバー素子を作ることが出来た。

この光ファイバーにHe-Neレーザ光を入射したところ、約80cmにわたって光を伝達しながら均一な散乱光を放射することが確かめられた。

また、被覆材料を屈折率1.480を有するMMAと3FMAの共重合体とした場合には、この均一散乱導光長さは約2mに伸びた。

#### 〔実施例7〕

MMAに3FMAのポリマーを0.1wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として *t*-ブチルパーオキシイソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、*n*-ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで72時間重合した後、130°Cで24時間熱処理を行い、棒状の光散乱導光体（直径10mm）を製造した。

この光散乱導光体をペレット状にして、更に細かく粉碎した後、底面の直径が10mm、高さが30mmの円錐状の型容器及び直径6mmの球形の型容器に各々入れて約200°Cで加熱することにより、各容器形状に対応した形状の光散乱導光体を製造することが出来た。

このことから、型容器の形状と寸法を選べば任意形状と任意サイズを有する光散乱導光体を製造し得ることが判った。

#### 〔実施例8〕

MMAに3FMAのポリマーを0.40wt%、0.30wt%、0.05wt%及び0.01wt%溶解したものを各々調製し（得られる光散乱導光体も含めて、順に、記号W1、W2、W3及びW4で表す。）、ラジカル重合開始剤として *t*-ブチルパーオキシイソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、*n*-ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで72時間重合した後、130°Cで24時間熱処理を行い、4種類のくさび状光散乱導光体を作った。各要素のサイズは縦80mm、横100mm、最厚部厚さ4mmとした。

これらの光散乱導光体要素のうち2個（サンプルA及びB）を任意に組合わせて図9に示したような板状の光散乱導光体を作り、側方より蛍光灯の光を入射させた。

そして、一方の面側にビデオカメラを配置し、インテンシティディスプレイを使って散乱光強度を測定した。

サンプルA、Bのいろいろの組合せについてその結果を示したが図10～図13である。

$I(x)$ 、 $I(y)$  はそれぞれ横方向、縦方向についての散乱光強度を表しており、中央部の白黒濃淡は光強度に対応している。

図10は、サンプルAとしてW2を選び、サンプルBとしてW3を選んだものである（A=W2、B=W3）。以下、図11ではA=W1、B=W3、図12ではA=W2、B=W4、図13ではA=W1、B=W4という組合せが選択されている。

図10及び図11のケースでは散乱光強度に比較的大きな勾配が認められるが、図12及び図13のいケースでは極めてフラットな散乱光強度分布が実現していることが明瞭に判る。

図12や図13に示したような均一散乱光が得られる光散乱導光体が、液晶表示装置のバックライト光源として非常に価値あるものであることは明らかである。

#### 〔実施例9〕

MMAに3FMAのポリマーを0.1wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として *t*-ブチルパーオキシイソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、*n*-ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、70°Cで72時間重合した後、130°Cで24時間熱処理を行い、くさび状光散乱導光体を作った。

これを、図14(a)に示したように、重合反応容器に收容し、その上から重合開始剤を含むモノマーを注入し、60°Cで拡散重合させた。

その結果、図14(b)に示したような板状の光散乱導光体を得た。この板状光散乱導光体はその厚み方向については有効散乱照射パラメータが一定であるが、図中X軸方向については有効散乱照射パラメータEに勾配が付けられているものである。このように特定方向にだけ散乱能が変化するものが得られたのは、前もって作成されたくさび状の光散乱導光体が重合する時にMMAモノマー側に膨潤し、ある程度上下方向に組成が均一化された為である。

散乱光強度から有効散乱照射パラメータ $E$ を計算したところ、 $X$ 軸方向に沿って $2.30 [\text{cm}^{-1}]$  から  $5 \times 10^{-3} [\text{cm}^{-1}]$  まで変化していることが判った。

また、このような方法により、くさび形以外の種々の形状（球面状、波形状等）の光散乱導光体を作製し、それをもとに所望方向に所望の散乱能（有効散乱照射パラメータ $E$ ）の分布を与えた板状乃至直方体状の光散乱導光体を製造することが可能であることが判った。

#### 〔実施例10〕

MMAに、ラジカル重合開始剤として $t$ -ブチルパーオキシソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、 $n$ -ブチルメルカプタンを0.2wt%加え、 $60^\circ\text{C}$ （ガラス転移温度以下）で240時間にわたって重合反応を行わせた。残存しているモノマーは、高転化率が実現した段階で固化したPAAMマトリックス中にトラップされているが、このモノマーは長時間の加熱により重合する。ここでモノマーからポリマーへ変化する際に生じる体積変化（収縮）により、無数のマイクロボイドが生成し、これが光散乱をもたらす屈折率不均一構造としての機能を果たす。

このようなプロセスで得られた光散乱導光体サンプルについて、 $V_V$ 散乱強度の角度依存性を測定し、Debyeの関係式に基づいて相関距離 $a$ を計算したところ、850オングストロームという値が得られた。

また、誘電率ゆらぎ2乗平均 $\langle \eta^2 \rangle$ の値は $\langle \eta^2 \rangle = 1.1 \times 10^{-7}$ 、有効散乱照射パラメータ $E$ については $E = 0.17 [\text{cm}^{-1}]$ という値であった。

また、 $\theta = 40^\circ$ における $V_V$ 散乱強度の測定値は、 $3 \times 10^{-4}$ であり、 $\theta 90^\circ$ では $0.8 \times 10^{-4}$ であった。更に、 $\theta = 100^\circ$ にとると、 $0.5 \times 10^{-4}$ （ $\theta = 40^\circ$ の場合の6分の1）まで数値が低下した。

すなわち、この実施例のプロセスによってもたらされた屈折率不均一構造（マイクロボイド）を持つ光散乱導光体は前方方向への散乱が後方への散乱に比べて強く起こる傾向を示した。

#### 〔実施例11〕

MMAに3FMAのポリマーを0.2wt%溶解し、ラジカル重合開始剤として $t$ -ブチルパーオキシソプロピルカーボネート0.2wt%、連鎖移動剤として、 $n$ -ブチルメルカ

プタンを0.2wt%加え、 $70^\circ\text{C}$ で72時間重合した後、 $130^\circ\text{C}$ で24時間熱処理を行い、板状の光散乱導光体（ $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、厚さは5mm均一）を製造した。

この光散乱導光体に図3に準じた配置で両側側面から蛍光灯の光を入射させた。光散乱導光体の背後には反射フィルム（鏡面でなくても良い）を配置し、前面にプリズム状の光拡散板を置いて、散乱光強度を測定した（通常用いられることの多いドットパターン状に散乱要素を分布させたバックライト用散乱補強素子は使用しない）。

光源に通常の光度の蛍光灯を使用して、光散乱導光体前面の全体にわたって約4400カンデラの明るさで光が放射されていることが判った。

従来市販されているバックライト用光散乱導光体を用いて、同じ条件で測定を行ったところ、約3400カンデラという値を得た。

すなわち、従来より約23%の照度の向上が達成されていることが確かめられた。

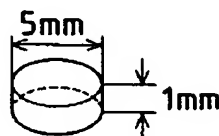
また、MMAにBzMAのポリマーを0.5wt%溶解し、同様の条件で重合を行い、同形同サイズの光散乱導光体を製造し、同じ測定を行ったところ、得られた結果も殆ど変わるところがなかった。

#### 産業上の利用可能性

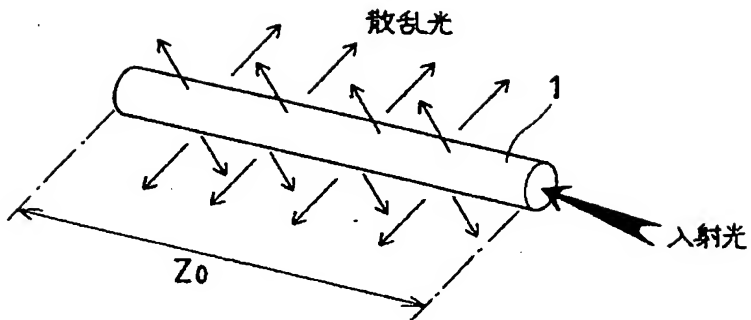
本発明に係る光散乱導光体によれば、有機材料の重合反応による屈折率不均一構造形成という極めて自由度（材料、有効散乱照射パラメータ $E$ の値、相関距離 $a$ の値、光散乱導光体形状等の選択の幅）の高いプロセスを利用して、相対的に小面積の光束を高い効率と均一度を以て相対的に大断面の光束に変換することが出来るので、均一度の高い散乱光を必要とするあらゆる光学関係分野において高い産業上の利用性を有する。

具体的には、液晶表示装置等各種ディスプレイのバックライト光源装置、自動車等におけるバックライト光源、1次光源として太陽光あるいは通常の照明光源を利用した各種の照明システムにおける各種形状と各種寸法の照明光源、レーザや発光ダイオード等の光源を1次光源に用いた際の光束拡張装置、光信号伝送システムにおける光分岐装置・混合、顕微鏡等において狭い範囲を集束的且つ強力に照明する装置等への適用が考えられる。

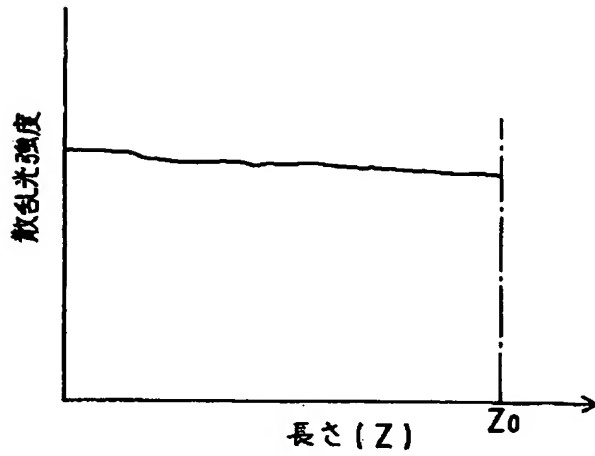
【第7図】



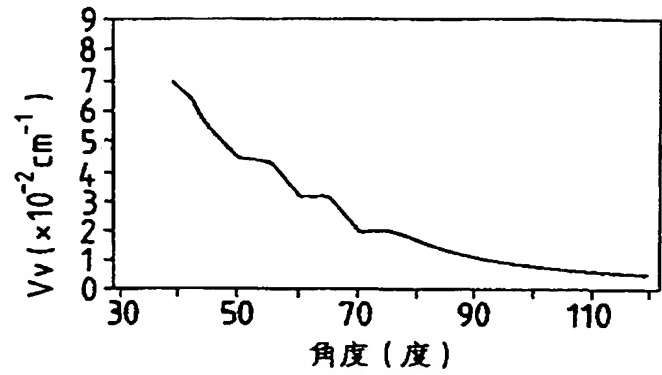
【第1図】



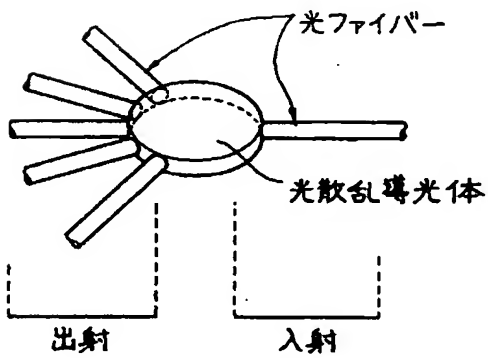
【第2図】



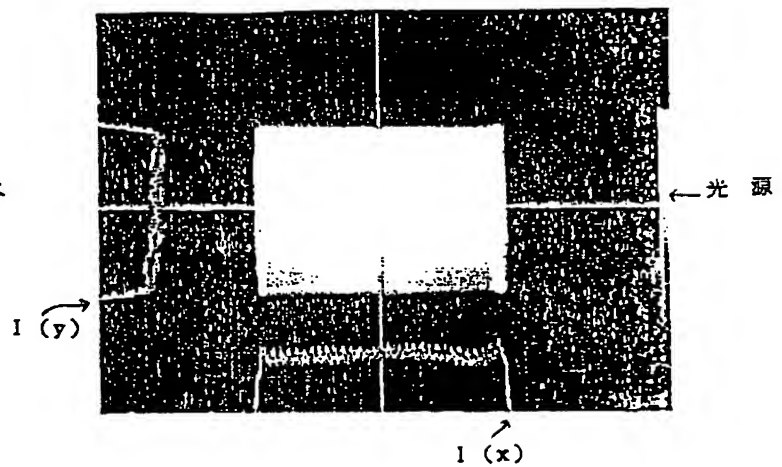
【第6図】



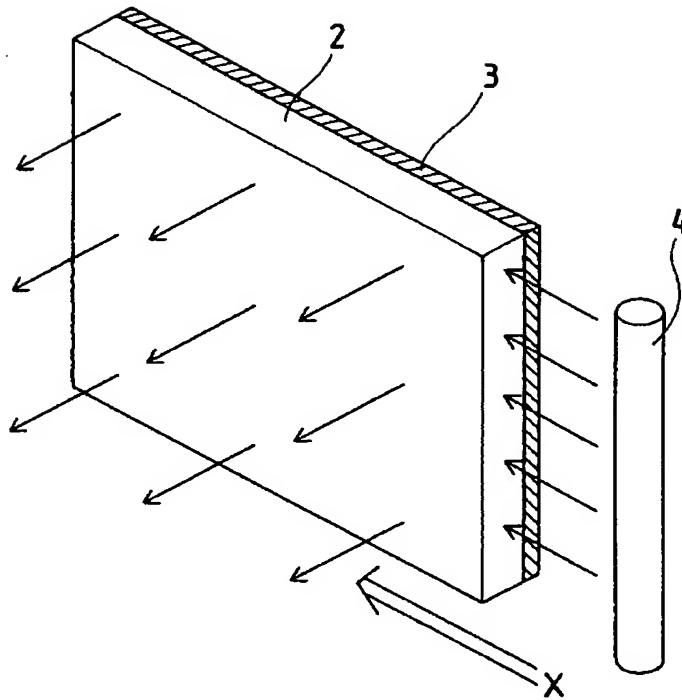
【第8図】



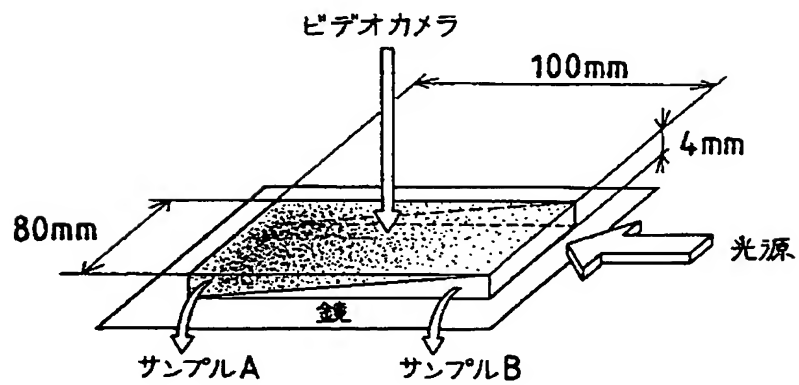
【第13図】



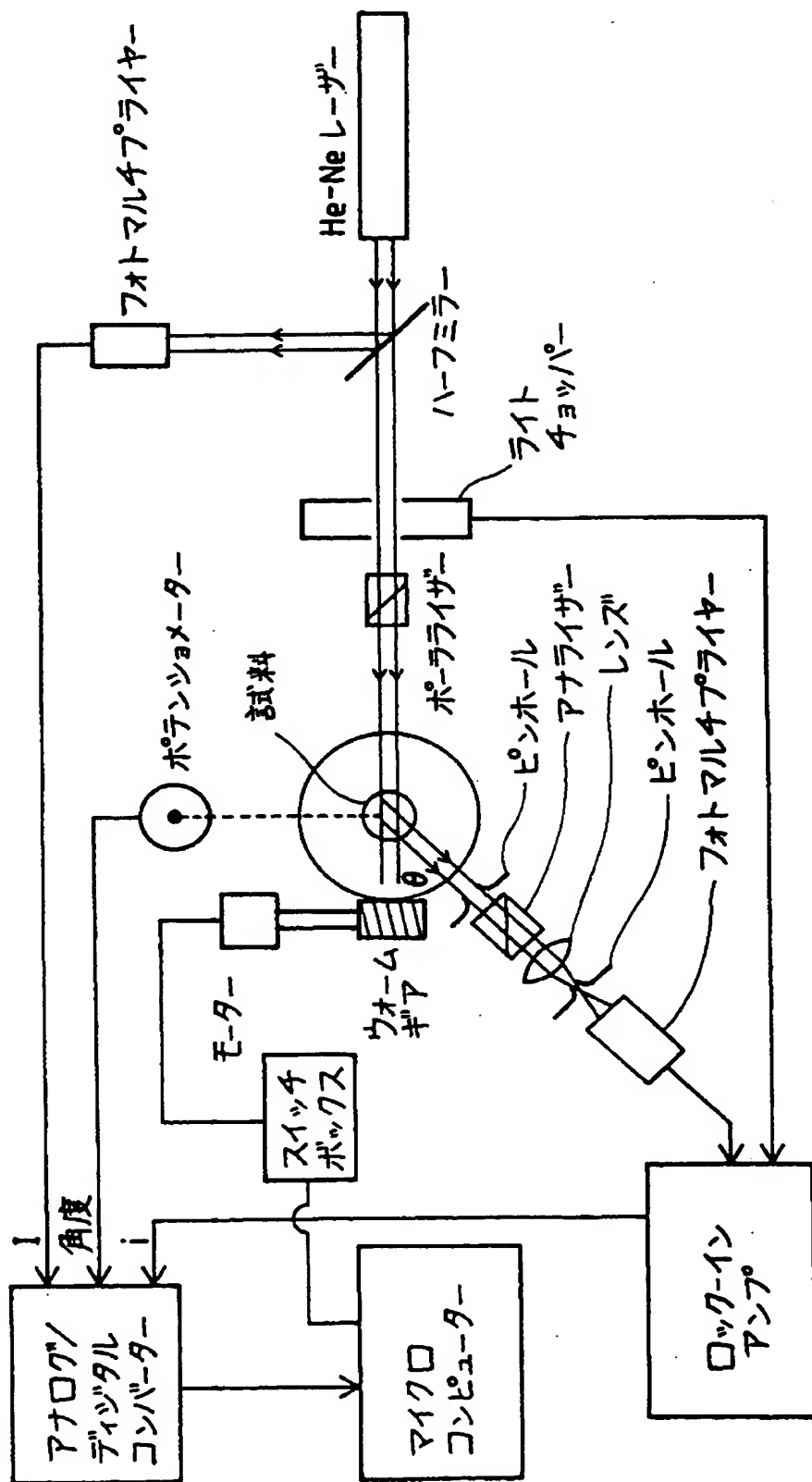
【第3図】



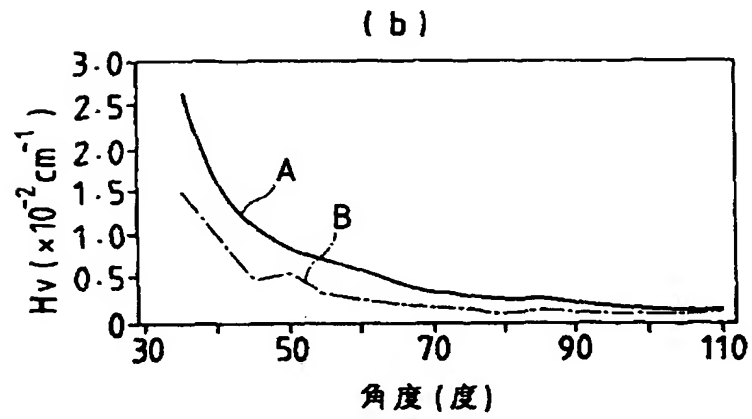
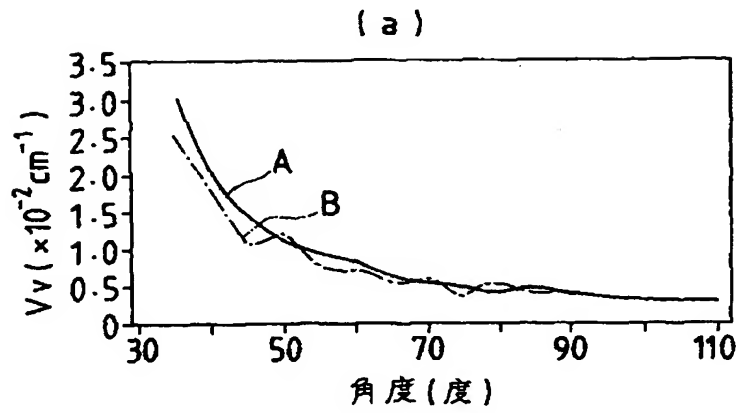
【第9図】



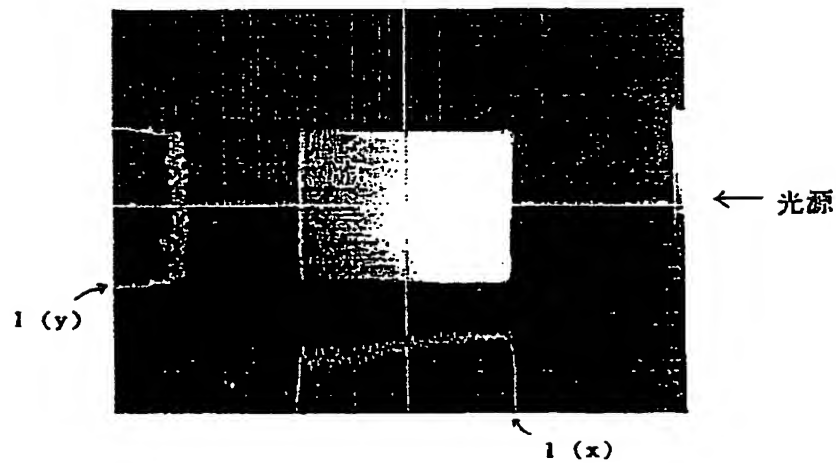
【第4図】



【第5図】



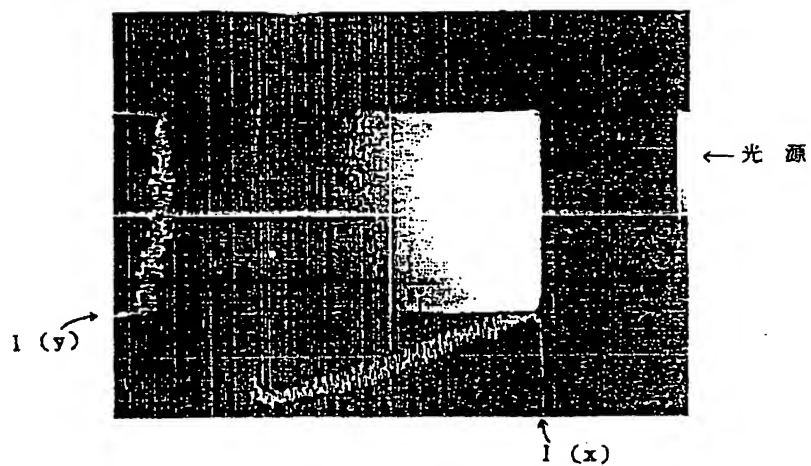
【第10図】



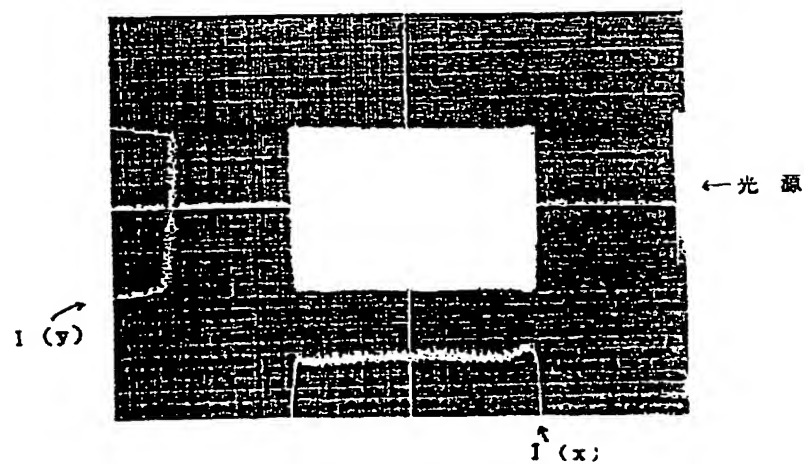


BEST AVAILABLE COPY

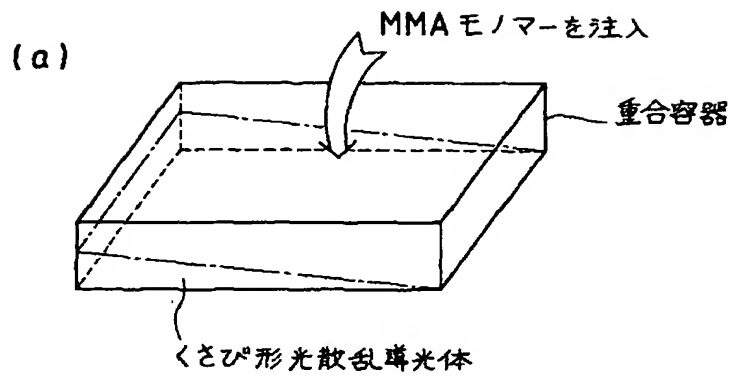
【第11図】



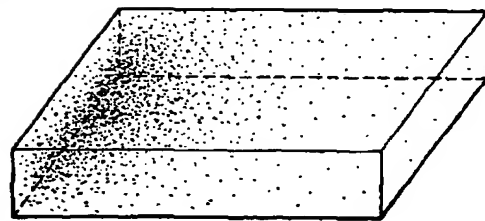
【第12図】



【第14図】



(b)



→ X  
散乱強度減少方向

【第15図】

